



Tropenhaus Frutigen

- Der Stör und seine wertvollen Eier
- Tropische Früchte
- **Geothermie und erneuerbare Energien**
- Nachhaltige Nahrungsmittelproduktion

Geothermie und erneuerbare Energien





Inhalt

Nachhaltige Energie-Erzeugung	2
Spezielle Themen	8
Energie aus Biomasse: Biogasanlagen	8
Energie aus Sonnenstrahlen: Photovoltaik	11
Energie aus Wasserströmung: Trinkwasserkraftwerke	13
Energie aus der Erde: Geothermie	14
Didaktische Anregungen	18
Quellen und nützliche Adressen	19

Nachhaltige Energie-Erzeugung

Zum Begriff der Energie

Die Energie ist eine physikalische Grösse, die in der Physik, der Technik, der Chemie, der Biologie und der Wirtschaft eine zentrale Rolle spielt. Ihre SI-Einheit ist das Joule.

Alles, was bewegt oder beschleunigt werden soll braucht Energie. Energie wird aber auch verwendet, um Wärme zu erzeugen oder um elektrischen Strom fließen zu lassen. Lebewesen brauchen Energie, um leben zu können.

Damit Energie an jedem Ort in der richtigen Form zur Verfügung gestellt werden kann, wird sie von einer Form in die andere umgewandelt. Einige Beispiele: Eine Ölheizung wandelt chemische Energie in thermische Energie um, ein Flusskraftwerk mechanische Energie in elektrische Energie. Unser Körper nutzt die Nahrung als chemische Energie und wandelt sie in thermische (Körperwärme) oder in mechanische Energie (Muskel) um.

Energieversorgung

Mit Energieversorgung und -verbrauch wird die Nutzung von verschiedenen Energien in für Menschen gut verwendbaren Formen bezeichnet. Die von Menschen am häufigsten benutzten Energieformen sind Wärmeenergie und Elektrizität. Die menschlichen Bedürfnisse richten sich vor allem auf die Bereiche Heizung, Nahrungszubereitung und den Betrieb von Einrichtungen und Maschinen zur Lebenserleichterung.

Transport der Energie

Die verschiedenen Energieträger können über Leitungen die Verbraucher erreichen, wie typischerweise elektrischer Energie, Erdgas, Fernwärme und Nahwärme, oder sie sind weitgehend lagerfähig und beliebig transportfähig, wie zum Beispiel Steinkohle und Braunkohlen, Heizöle, Kraftstoffe (Benzine, Dieselkraftstoffe), Industriegase, Kernbrennstoffe (Uran), Biomassen (Holz u. a.).

Energieverbrauch

Seit dem 19. Jahrhundert streben hierzulande Unternehmen an, Energie in grossem Masse zu erzeugen und für den allgemeinen Verbrauch bereitzustellen. Im Zentrum steht die Erzeugung von elektrischer Energie in Grossanlagen sowie die Übertragung an die einzelnen Verbraucher im Vordergrund. Weiterhin sind die Beschaffung, der Transport und die Verwandlung von Brennstoffen zu Heizzwecken ein wichtiger Wirtschaftszweig.

Etwa 40 Prozent des weltweiten Energiebedarfes wird durch elektrische Energie gedeckt. Spitzenreiter im Verbrauch dieses Anteils sind mit ca. 20 Prozent elektrische Antriebe. Dahinter folgt die Beleuchtung mit 19 Prozent, die Klimatechnik mit 16 Prozent

und die Informationstechnik mit 14 Prozent am weltweiten elektrischen Energiebedarf beteiligt.

Erschöpfliche Energiequellen

Eine zentrale Energiequelle stellt beispielsweise das Erdöl dar. Es wird verwendet, um Motoren anzutreiben (Maschinen, Autos, Kraftwerke etc.), Heizungen zu betreiben, es wird aber auch als Rohstoff für die Kunststoffherstellung, Herstellung von Farben, Lacken, Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel verwendet. Ein Abfallprodukt der Erdölraffinerie ist der Teer auf unseren Strassen. Wir haben uns – wie auch an andere fossile Energieträger Kohle und Erdgas - sehr an diese Energieform gewöhnt. Während der ersten Ölkrise 1973 ist es einer breiten Bevölkerung ein erstes Mal klar geworden, dass die fossilen Brennstoffe wie Öl und Gas nur in begrenzter Menge vorhanden sind also erschöpflich sind.

Als ein Ausweg aus der drohenden Knappheit wurde die Kernenergie gefördert. Bereits vor der Ölkrise wurden die vier schweizerischen Atomkraftwerke gebaut und in Betrieb genommen (1969 Beznau, 1984 Leibstadt, 1979 Gösgen, 1972 Mühleberg). Im Versuchsreaktor in Lucens wurde im Jahre 1968 zum ersten Mal Atomenergie gewonnen. Dieser Reaktor ist jedoch in einem mittelschweren Atomunfall ein Jahr später unbrauchbar geworden, der Bergstollen wurde zugemauert.

Mit den grossen Atomunfällen in Tschernobyl 1986 und Harrisburg 1979 wurde breite Bevölkerungsschichten auch davon überzeugt, dass die Atomkraft zwar eine enorme Menge von Energie abgeben kann, jedoch bei Problemen auch eine enorme, lang andauernde Verseuchung bringen kann und zudem auch ein endliches Gut darstellt, also erschöpflich ist.

Erneuerbare Energieträger

Das Paradebeispiel für einen (für uns Menschen) unendlichen Energieträger, der sich immer wieder erneuert, ist die Sonne. Sie trägt dabei um etwa $1,5 \times 10^{18}$ kW/h pro Jahr zum Energieeintrag bei. Physikalisch gesehen ist die Sonne ein Kernreaktor. Doch dieser Kernreaktor unterscheidet sich von irdischen Kernkraftwerken dadurch, dass er unfall- und strahlensicher ist, keine Atommüllbeseitigung erfordert und alle Menschen kostenlos mit Energie versorgt. Die Sonne ist unsere einzige unerschöpfliche Energiequelle.

Energie kommt nicht nur direkt von der Sonnenstrahlung. Der Wind auf der Erde enthält 35mal soviel Energie, wie von der Menschheit verbraucht wird.

Aber auch durch die Lebewelt wird Energie produziert: Hauptsächlich Pflanzen, aber auch Tiere und Pilze erzeugen

	<p>Biomasse, rund 10-mal mehr als wir zur Gewinnung der gesamten Weltenergie nötig haben. Die Wasserkraft in den Meereswellen, den Tiden und dem von den Bergen herabfliessenden Wasser enthält etwa die Hälfte der Energie, die wir auf der ganzen Welt produzieren.</p> <p>Zu beachten ist: Windenergie, Wasserenergie und Biomassenenergie sind indirekt auch Wirkungen der Sonne. Beinahe alle irdischen Energiequellen (übrigens auch die fossilen Brennstoffe Kohle-, Erdöl- und Erdgas) verdanken wir der Sonne. Sie ist die treibende Kraft der meisten Energieflüsse auf unserem Planeten.</p> <p>Theoretisch reichen also die direkte Sonnenenergie sowie die indirekte über Wind, Wasser und Biomasse bei weitem aus, um den Energiehunger von 6 Milliarden Menschen auf der Erde zu stillen. Das Gesamtpotential erneuerbarer Energien – dies gilt als gesichert – liegt in der Grössenordnung des Zehntausendfachen des gegenwärtigen gesamten Weltenergieverbrauchs.</p>
Bewegungen, welche die erneuerbaren Energien förderten	<p>Es entstanden gegen Ende des letzten Jahrhunderts interessante, meist politische Bewegungen, die versuchten, wegzukommen von den erschöpflichen Energieträgern und die Entwicklung hin zu führen zu den erneuerbaren Energiequellen. Beispiele dafür sind: die grüne Partei der Schweiz, die Atomkraftwerkgegner, Autobahngegner und andere.</p> <p>Nachdem 1956 die erste Siliziumzelle aus Licht Strom erzeugen konnte, damals aber erst mit einem Wirkungsgrad von 4%, hat sich in der Schweiz die Photovoltaik stark entwickelt. Heute wird an Solarzellen getüftelt (für das Solarflugzeug Solar Impulse von Bertrand Piccard) mit einem Wirkungsgrad bei 22%.</p> <p>Der Anteil der erneuerbaren Energien ist in der Schweiz wegen der vorteilhaften Alpenlage und der dadurch möglichen Nutzung der Wasserkraft relativ hoch. Sie liegt bei mehr als 15%. In Deutschland liegt der Anteil bei etwa 7%, Tendenz steigend.</p>
Energiebedarf – Energieknappheit – Politische Ansätze	<p>Der Energiebedarf auf der Erde steigt seit der Entwicklung nach dem 2. Weltkrieg steil an. Seit 1860 hat sie sich beinahe verzwanzigfacht. In jüngster Zeit sind es vor allem die Schwellenländer und China, welche zum zunehmenden Energiehunger beigetragen haben.</p>
Vier Szenarien für die Schweizer Energiezukunft	<p>Eine Arbeitsgruppe des Bundes hat aufgezeigt, wie sich der Energieverbrauch der Schweiz in den nächsten Jahrzehnten entwickeln könnte.</p>

Wie viel Energie verbraucht die Schweiz in Zukunft? Müssen wir Versorgungsengpässe befürchten? Wie wird der Energiemix aussehen? Erreicht der Energieverbrauch ein umwelt- und klimaverträgliches Niveau?

Derzeit verbraucht jeder Einwohner und jede Einwohnerin der Schweiz über 6000 Watt – das Dreifache des weltweiten Durchschnitts. Laut Experten dürfte ein Verbrauch von 2000 Watt pro Kopf umweltverträglich sein, sofern die Energieproduktion auf dem richtigen Mix basiert.

Weil niemand wissen kann, was die Zukunft bringt, arbeitet die Politik mit Szenarien. Szenarien sind keine Prognosen sondern zeigen auf, welche Entwicklungen unter gewissen Annahmen plausibel sind. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) hat die Arbeitsgruppe «Energieperspektiven 2035» im Jahr 2007 vier Energieszenarien für die Schweiz präsentiert.

- Szenario 1 «Weiter wie bisher»: Die heutige Politik wird unverändert fortgesetzt.
«Weiter wie bisher»: Das erste Szenario der «Energieperspektiven 2035» nimmt an, dass die heutige Energiepolitik unverändert fortgesetzt wird. Die Energienachfrage steigt bis 2035 leicht. Der Anteil der elektrischen Energie nimmt zu.
- Szenario 2 «Verstärkte Zusammenarbeit»: Alle heute diskutierten energiepolitischen Massnahmen treten in Kraft.
«Verstärkte Zusammenarbeit»: Das zweite Szenario geht davon aus, dass alle energiepolitischen Massnahmen, die heute diskutiert werden, in Kraft treten. Die Energienachfrage sinkt geringfügig, der Strombedarf steigt auf Kosten anderer Energieträger.
- Szenario 3 «Neue Prioritäten»: Die Schweiz verfolgt eine aktive Energiesparpolitik.
«Neue Prioritäten»: Das dritte Szenario der «Energieperspektiven 2035» geht von einer aktiven Energiesparpolitik aus. Die Energienachfrage wird mit einer Lenkungsabgabe gesteuert. Die Schweiz verbraucht 2035 ein Siebtel weniger Energie als 2000, aber etwas mehr Strom. Die CO₂-Emissionen sinken um ein Viertel bis ein Drittel.
- Szenario 4 «Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft»: Der Energieverbrauch pro Kopf wird bis 2100 gedrittelt.
«Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft»: Das vierte Szenario orientiert sich am Ziel, den Energieverbrauch von heute 6500 Watt pro Kopf bis 2100 zu dritteln. Bis 2035 geht die Energienachfrage um ein Viertel zurück, die CO₂-Emissionen sinken um 40 bis 50 Prozent. Einzig dieses Szenario führt langfristig zu einer umweltverträglichen



Energieversorgung.

Grafik aus Papier des Bundesrates

Die Grafik zeigt, wie sich der Energieverbrauch gemäss den «Energieperspektiven» entwickelt. Weil der elektrischen Energie in Zukunft eine Schlüsselrolle zukommt, steigt der Strombedarf in allen Szenarien zumindest in den ersten Jahren an.

Der schweizerische Bundesrat stützt seine Energiepolitik auf vier Pfeiler: Steigerung der Energieeffizienz, Ausbau der erneuerbaren Energien, Neubau von Grosskraftwerken und aktive Energie-Aussenpolitik.

Alternative
Energieformen

Insgesamt können die folgenden möglichen erneuerbaren Energiequellen aufgezählt werden:

Bioenergie (aus Biomasse bzw. Energiepflanzen)

- Holz
- Pflanzenöl („Pöl“)
- Fettsäuremethylester (Biodiesel)
- BtL-Kraftstoffe
- (Bio-)Ethanol und Cellulose-Ethanol
- Biogas (Biogasanlage)
- Biowasserstoff (Dampfreformierung)

Geothermie (Erdwärme)

- Tiefe Geothermie
- Oberflächennahe Geothermie

Solarenergie

- Photovoltaik (Photovoltaikanlage)
- Solarthermie (Sonnenkollektor, Sonnenwärmekraftwerk)
- Solarchemie
- Thermik (Thermikkraftwerk)

Wasserkraft

- Gezeitenkraft
- Strömungsenergie des Meeres
- Meereswärme
- Staudämme und Staumauern
- Osmosekraftwerk (Unterschiedlicher Salzgehalt von Süss- und Salzwasser)
- Wellenenergie des Meeres

Windenergie (Windmühlen bzw. Windenergieanlage)



Aufwind- oder Thermikkraftwerk

Verdunstungskälte
adiabate Kühlung

Spezielle Themen

Folgende vier Bereiche der erneuerbaren Energien werden hier genauer vorgestellt:

- Energie aus Biomasse: Biogasanlagen
- Energie aus Sonnenstrahlen: Photovoltaik
- Energie aus Wasserströmung: Trinkwasserkraftwerke
- Energie aus der Erde: Geothermie

Energie aus Biomasse: Biogasanlagen

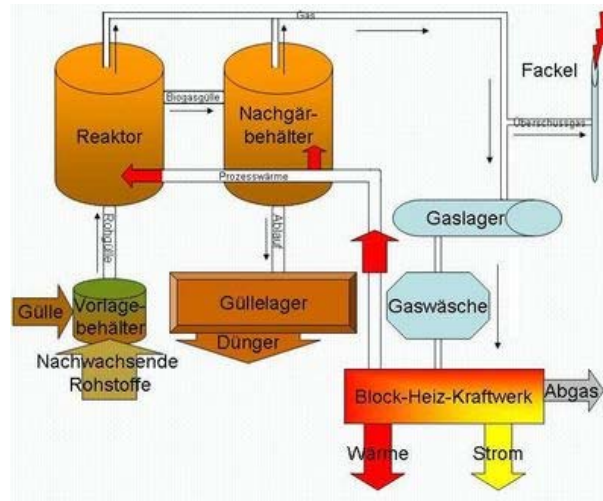
**In Gülle, Mist oder
Grünabfällen steckt
Energie.**

Die Biogasanlage gewinnt Energie aus organischen Abfällen und hinterlässt hochwertigen Dünger und Kompost.

Das aufbereitete Grüngut wird vom Zwischenbunker kontinuierlich in den Fermenter geschickt. Vom Zwischenbunker gelangt das Material in den Dosierer, wo unter Zugabe von Wasser eine homogene, pumpfähige Mischung erzeugt wird. Diese wird in den Fermenter (Gärreaktor) gepumpt. Die Masse wird mit einem Rührwerk ständig durchmischt. Der Gärprozess läuft unter Ausschluss von Sauerstoff bei einer Temperatur von circa 55°C ab. Die Wärme wird dem Fermenter aus dem Blockheizkraftwerk zugeführt. Die Masse durchläuft den Fermenter innerhalb von etwa 14 Tagen. Bei der Vergärung entsteht Methan (Biogas).

Die Stromproduktion erfolgt dadurch, dass das Biogas im Blockheizkraftwerk einen Gasmotor antreibt, der über einen Generator Strom erzeugt (Blockheizkraftwerk). Ein Teil der Abwärme des Gasmotors wird zur Beheizung des Fermenters gebraucht, der Rest kann in ein Fernwärmenetz eingespeist werden. Das Biogas kann aber auch zu Erdgasqualität aufbereitet werden. Dadurch kann es dem Erdgasnetz oder einer Tankstelle für Autos mit Gasmotor zugeführt werden.

Schema einer
Biogasanlage



Dünger-Aufbereitung: Nach dem Fermenter gelangt die breiige Masse in ein Entwässerungssystem. Sind die organischen Substanzen ohne belastende Stoffe wie Schwermetall etc, kann die breiige Masse zu Flüssigdünger und Kompost getrennt und verwendet werden. Beides sind dann hochwertige und keimfreie Düngemittel.

Biogas-Anlage, Fam.
Wyss in Ittigen



**Biogasanlage in Ittigen
bei Bern (Baujahr 2005)**

Biogas aus Gülle; Strom- und Wärmeproduktion aus Biogas
Leistung: Die Anlage erbringt eine elektrische Spitzenleistung von 340 Kilowatt und liefert Strom für über 300 Haushalte.

100 Mutterkühe mit Kälbern und 120 Mastmunis produzieren viel Gülle. Der Landwirt Peter Wyss vergärt diese Gülle zusammen mit anderen Abfällen seines Bauernbetriebs zu Biogas, aus dem er anschliessend in einem kleinen Kraftwerk Strom gewinnt. Die Abwärme heizt seinen Hof.



Biogasanlage Frutigen

Die Tropenhaus Frutigen AG beabsichtigt, die Fischzuchtfilterschlämme in einer Biogasanlage zu vergären und so aus ‚Abfall‘ noch Strom zu produzieren. Die Anlage soll zusammen mit der Gemeinde Frutigen im Jahr 2010 realisiert werden und dabei auch den ARA Schlamm vergären. Weiter organischer Abfall aus der Region soll in einem Co-Substrat Modul aufbereitet und mitvergärt werden. Die Anlage hätte eine Nennleistung von 50 kW und könnte ca. 200'000 kWh Strom pro Jahr produzieren.

Energie aus Sonnenstrahlen: Photovoltaik

Die ersten Solarzellen wurden 1956 hergestellt.

Solarzelle =
photovoltaische Zelle

Eine Solarzelle wandelt kurzwellige Strahlungsenergie, in der Regel Sonnenlicht, direkt in elektrische Energie um. Die physikalische Grundlage der Umwandlung ist der photovoltaische Effekt.

Solarzellen



Funktion einer Solarzelle

Strom aus Sonnenlicht kann von Solarzellen erzeugt werden, deren Hauptbestandteil ein Halbleiter, in der Regel Silizium, ist. Ein Halbleiter ist ein Material, das weder den Isolatoren noch den Leitern zugeordnet werden kann und dessen elektrische Eigenschaften durch die Beimengung von Fremdstoffen (Dotierung) gravierend beeinflusst werden kann.

Die Solarzelle besteht aus zwei aneinander grenzenden und mit separaten Metallkontakten versehenen Halbleiterschichten, die jeweils so dotiert wurden, dass eine so genannte "n" Schicht (n = negativ) mit einem Elektronenüberschuss und eine darunter liegende "p" Schicht (p = positiv) mit einem Elektronenmangel entsteht. Dem Konzentrationsgefälle folgend fließen deshalb Elektronen vom n in das p Gebiet, so dass sich im inneren dieser Halbleiterstruktur ein elektrisches Feld ausbildet, die so genannte Raumladungszone.

Bei einer Solarzelle ist die obere n-Schicht so dünn, dass die

Photonen des einfallenden Sonnenlichts sie durchdringen können und erst in der Raumladungszone ihre Energie an ein Elektron abgeben. Das so angeregte Elektron ist beweglich, folgt dem inneren elektrischen Feld und gelangt so aus der Raumladungszone heraus zu den Metallkontakten der n Schicht. Beim Anschluss eines Verbrauchers wird der Stromkreis geschlossen: Die Elektronen fließen über den Verbraucher zum Rückseitenkontakt der Solarzelle und schließlich zur Raumladungszone zurück.

Solarpanels auf dem
Stade de Suisse



Solaranlage

Das Solarmodul wandelt Tages- und Sonnenlicht in Strom um. Dieser Strom wird über einen Laderegler in eine Batterie gespeichert.

Der Laderegler schützt die Batterie vor Überladung. Aus der Batterie kann der Strom entnommen werden. Damit nicht zu viel Strom aus der Batterie entnommen wird, sollte der Laderegler einen Tiefentladeschutz haben. Mit einer Digitalanzeige kann man sich den Lade-, Entladestrom und die Batteriespannung anzeigen lassen. Um 220 V Geräte anschließen zu können, muss ein Wechselrichter zwischengeschaltet werden.

Solarpanels auf dem
Tropenhaus

Die Anlage ist auf dem Dach des Besuchergebäudes montiert. Auf einer Fläche von ca. 1200 m² produzieren 190 Strommodule mit 134 kWp Leistung ungefähr 140 kWh Strom. Zum Vergleich die Panele auf dem Stade de Suisse Dach: Deren Leistung beträgt bei optimaler Sonneneinstrahlung 1300 kWp. Über das ganze Jahr produziert das Sonnenkraftwerk rund 1'200'000 kWh Stunden Strom, genug um den Jahresbedarf an Strom von 400 Haushaltungen zu decken.

Energie aus Wasserströmung: Trinkwasserkraftwerke

Durstlöscher als Energiespender

Trinkwasserfassungen liegen in der Regel in der Höhe, über allen Verbrauchern, damit im Trinkwassernetz ein Wasserdruck erzielt werden kann.

Gerade diesen Druck kann man für die Energiegewinnung ausnützen, was bereits an vielen Orten realisiert worden ist. Das Trinkwasser wird dabei in keiner Weise verunreinigt. Es wird also eine bestehende Infrastruktur (Leitung, Reservoir) zusätzlich für die Stromerzeugung verwendet.

Frutiger Trinkwasser zu Strom

Mit einem Druck von fast 11 Bar – das Elffache des normalen Luftdrucks – treibt das Wasser der Wasserversorgungsgenossenschaft Frutigen die Turbine an. Zum Vergleich: Der Druck in einer normalen Trinkwasserleitung beträgt nur 4 Bar

Das Trinkwasserkraftwerk in Frutigen erbringt eine Spitzenleistung von 30 kW. Pro Jahr produziert es so viel Strom, wie 25 Haushalte verbrauchen (durchschnittliche Schweizer Vierpersonenhaushalte à 3500 kWh pro Jahr). Zum Vergleich: Ein Kühlschrank verbraucht pro Stunde etwa 200 Watt (während der Kompressor läuft), eine Geschirrspülmaschine 1000 Watt, ein professioneller Fön bis 2000 Watt.

Das Trinkwasserkraftwerk in Frutigen ist – verglichen mit anderen Wasserkraftwerken – ein Zwerg: Das Kraftwerk Aarberg als Beispiel eines konventionellen Flusskraftwerks produziert rund tausend Mal so viel Strom (90 GWh pro Jahr). Das hat auch damit zu tun, dass das Kraftwerk Aarberg rund um die Uhr Strom produziert, das Trinkwasserkraftwerk aber nur dann, wenn überschüssiges Trinkwasser vorhanden ist, also mehrheitlich in den Nachtstunden.

Energie aus der Erde: Geothermie

Im Erdinneren ist es nach Schätzungen von Geologen 4'500 bis 6'500 °C warm. Wenn Vulkane ausbrechen oder Geysire kochendes Wasser ausspucken, wird ein wenig von dieser Energie auch an der Erdoberfläche sichtbar.

Wärmepumpen, geothermische Kraftwerke und Thermalbäder machen die Erdwärme oder Geothermie für den Menschen nutzbar. Das warme Lötschbergwasser, in dem die Störe des Tropenhauses schwimmen, trägt einen Rest dieser Wärme in sich.

Erdwärme

Im Erdinneren ist es nach Schätzungen von Geologen 4'500 bis 6'500°C. Wenn Vulkane ausbrechen oder Geysire kochendes Wasser ausspucken, wird ein wenig von dieser Energie auch an der Erdoberfläche sichtbar.

Wärmepumpen, geothermische Kraftwerke und Thermalbäder machen die Erdwärme oder Geothermie für den Menschen nutzbar. Das warme Lötschbergwasser, in dem die Störe des Tropenhauses schwimmen, trägt einen Rest dieser Wärme in sich.

Als die Erde vor fast fünf Milliarden Jahren entstand, war sie ein glühender Feuerball. Bis heute glüht diese Wärme nach. Erdwärme entsteht aber auch immer wieder neu. Denn im Erdinneren zerfallen radioaktive Atomkerne und setzen dabei Energie frei.

Als die Erde vor Milliarden von Jahren entstand, war sie ein glühender Feuerball. Unterdessen hat sie sich abgekühlt – zum Glück: Sonst könnten wir nämlich nicht auf ihr leben. Tief in ihrem Inneren aber ist es auch heute noch heiss.

Neunundneunzig Prozent der gesamten Erdmasse sind heisser als tausend Grad Celsius. Auf dieser Masse von geschmolzenem Gestein schwimmt die Erdkruste, auf der wir leben. Sie ist im Durchschnitt fünfzig Kilometer dick. Gemessen an der Grösse der Erde, ist das etwa so dick wie eine Eierschale im Vergleich zum ganzen Ei.

Schon nach wenigen Metern Tiefe wird die Erdwärme messbar. Mit jedem Kilometer Tiefe wird es etwa dreissig Grad wärmer. Die Energiemenge im Erdinneren ist für menschliches Ermessen unerschöpflich. Der radioaktive Zerfall im Erdinneren erbringt eine Wärmeleistung wie sechzehntausend moderne Kernkraftwerke.

Der Mensch kann die Wärme der Erde nutzen. Schon die alten Römer bauten Thermalbäder, wo man in warmem Wasser baden konnte. Heute bohrt man tiefe Löcher in die Erde, um an die



Wärme heranzukommen – und damit beispielsweise Häuser zu heizen.

Wer nutzt wie viel
Erdwärme?

Die Zahlen beinhalten sowohl die Nutzung zur Stromgewinnung wie auch die direkte Nutzung der Erdwärme zum Heizen. Eine Gigawattstunde (GWh) entspricht einer Milliarde Wattstunden. Die Zahlen stammen von 2007, bei einzelnen Ländern sind sie etwas älter.

	GWh/Jahr	MWh/Jahr pro Einwohner
USA	26'125	87
Japan	14'644	115
China*	12'605	10
Island	10'828	34266
Philippinen*	9'253	102
Mexiko*	7'930	74
Italien	7'457	128
Indonesien*	6'085	28
Neuseeland	5'996	1451
Türkei*	5'451	75
Deutschland	2'302	28
Frankreich**	1'898	30
Schweiz	1'686	223
Australien	1'023	49
Nordkorea	276	12

* Zahlen von 2005

** Zahlen von 2006

Quelle: Geothermal Implementing Agreement

Zum Beheizen einzelner Häuser reicht eine Bohrung von einigen Metern Tiefe (Grundwasserwärmenutzung) oder von 50 bis 300 Metern (Energiepfähle oder Erdwärmesonden). Solche Kleinanlagen von Wärmepumpen arbeiten mit Umwelttemperaturen von zehn bis zwanzig Grad.

Wärmepumpen boomen: Ende 2008 waren in der Schweiz 140'000 Wärmepumpen in Verbindung mit Erdwärmesonden in Betrieb. Rund vierzig Prozent der neu gebauten Einfamilienhäuser sind heute mit Wärmepumpen ausgestattet. Die Schweiz hält den Weltrekord: Nirgends sonst sind mehr Erdwärmesonden-Anlagen pro Fläche installiert.

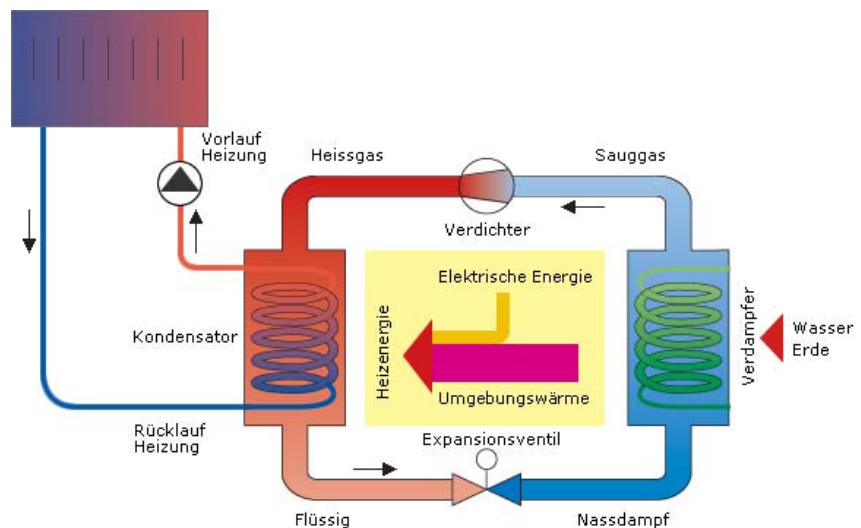
Für die Stromproduktion mittels Erdwärme wird bis 5'000 Meter tief gebohrt. Das ist nicht immer ganz harmlos: 2006 löste eine Geothermie-Probepbohrung in Basel ein kleines Erdbeben aus.

Grosse Anwendungen pressen Wasser mit hohem Druck in vier bis

sechs Kilometer tiefe Bohrlöcher, wo es auf 150 bis 200 Grad erhitzt wird. Bei Temperaturen ab 100 Grad ist eine Stromproduktion möglich. So lassen sich Kraftwerke betreiben und grosse Fernwärmenetze speisen.

Der Wärmeverbund Frutigen ist ein Beispiel für Mitteltemperatur-Geothermie. Da das 20 Grad warme Wasser aus dem Lötschberg-Basistunnel sprudelt, ist eine Tiefenbohrung unnötig. An den Wärmeverbund angeschlossen sind neben dem Tropenhaus das Interventions- und Erhaltungszentrum der BLS und die Firma Wandfluh Produktions AG in ein paar hundert Meter Entfernung.

Modell Wärmepumpe



1. Verdampfer

Die Umweltenergie bringt das in der Wärmepumpe zirkulierende Medium (sehr tiefer Siedepunkt) zum Verdampfen.

2. Verdichter/Kompressor

Der elektrische Kompressor saugt das verdampfte Medium an. Dort wird es verdichtet und auf ein hohes Temperaturniveau gebracht.

3. Kondensator

Die Umweltenergie auf hohem Temperaturniveau wird an das Heizungsmedium abgegeben. Das gasförmige Medium kühlt sich dabei ab und wird wieder flüssig.

4. Expansionsventil

Der Druck wird abgebaut und der Kreislauf beginnt von vorne.

Wärmepumpe

Der Wärmetauscher entzieht warmem Wasser oder warmer Luft Wärme und überträgt diese auf ein Kältemittel, welches dadurch in gasförmigen Zustand übergeht. Anschliessend wird es komprimiert, wodurch es sich erhitzt. Diese Hitze gibt es an das Wasser des



Heizsystems ab, bevor sein Druck reduziert wird. Nun wird das Kältemittel wieder flüssig und der Kreislauf kann von vorne beginnen.

Nachdem das warme Bergwasser zur Aufzucht der Störe gedient hat, entzieht ihm ein Wärmetauscher einen Teil der restlichen Wärmeenergie und überträgt sie auf den Wasserkreislauf des Wärmeverbunds. Dieser Kreislauf dient zum Beheizen der angeschlossenen Gebäude, insbesondere des Gewächshauses; das abgekühlte und gereinigte Bergwasser kann ohne Bedenken in die Kander eingeleitet werden.



Didaktische Anregungen

(ab Eröffnung des Tropenhauses Frutigen)



Quellen und nützliche Adressen

BKW FMB Energie AG

BKW FMB Energie AG

Viktoriaplatz 2
CH-3000 Bern
Telefon 0041 31 330 51 11
Telefax 0041 31 330 56 35
www.bkw-fmb.ch
(Informationen und Broschüren)

Internet

Schweizerischer Vereinigung für Geothermie SVG
www.geothermie.ch/
Die Schweizerische Vereinigung für Geothermie SVG hat die Förderung der Erdwärmenutzung in der Schweiz zum Ziel.

Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz AEE
www.erneuerbar.ch/

Im Auftrag des Bundes setzt sich die Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz AEE für eine Schweizer Energieversorgung ein, die sich stärker auf CO₂-neutrale, risikoarme und nachhaltige Quellen stützt.

Bundesamt für Energie BFE

www.bfe.admin.ch/

Das Bundesamt für Energie BFE ist das Kompetenzzentrum für Fragen der Energieversorgung und der Energienutzung im Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK.

Forschungszentrum für Geothermie CREGE

www.crege.ch/

Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS

www.fws.ch/

Ziel der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS ist die Förderung der Verbreitung von Wärmepumpen-Anlagen für Heizung und Warmwasser.

Geopower Basel

www.geopower-basel.ch/

Geothermal Heat Pump Consortium



www.geoexchange.org/

Geothermische Vereinigung e.V.

www.geothermie.de/

Als wissenschaftlich-technische Vereinigung fördert die Geothermische Vereinigung e.V. die Erforschung, Erkundung, Bewertung, Gewinnung und Nutzung der Erdwärme und der anderen Träger.

www.jjahnke.net/

Infoportal Globalisierung

World Solar Challenge: Spirit of Biel / Bienne siegte 1990
von Darwin nach Adelaide

www.wsc.org.au/History/

www.oekosystem-erde.de/html/energiegeschichte.html

Eine kleine Geschichte des menschlichen Energieverbrauchs

www.sses.ch

Schweizerische Vereinigung für Sonnenenergie

www.jugendsolarprojekt.ch/Sonnenenergie.54.0.html

www.swissolar.ch/de/lehrer-center/oberstufe/ideen/